

أداء شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية «دراسة وتحليل ومعالجة»

محمد علي صالح عقبة

عبد الرقيب عبده أسعد

أداء شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية «دراسة وتحليل ومعالجة»

محمد علي صالح عقبة⁽¹⁾، عبد الرقيب عبده أسعد*

الخلاصة:

تعاني شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية من مشاكل كثيرة لها تأثيرات سلبية على حركة الطيران، وتزداد خطورتها مع النمو المتزايد في الحركة الجوية. وقد أجريت ثلاث دراسات لتحسين أداء الشبكة غير أن هذه الدراسات لم تكن من الكفاءة والمرونة لاستيعاب النمو المتزايد في الحركة الجوية واستمرت معها مشاكل شبكة اتصالات الطيران المدني في اليمن. قام الباحث بالدراسة والتحليل لشبكة اتصالات الطيران المدني في اليمن شملت جميع النقاط والمسارات الجوية الحالية، وتمكن الباحث من خلال النتائج التي حصل عليها من وضع الحلول وطرق المعالجة للتغلب على سلبيات الشبكة الحالية وتحسين أداء الاتصالات الجوية على كافة المناطق الواقعة داخل المجال الجوي للجمهورية اليمنية، وذلك من خلال إعادة التوزيع لعدد من المحطات الأرضية (GS) الموجودة حالياً وإنشاء محطة أرضية جديدة في مدينة المكلا. استخدم برنامج المحاكاة (Radio Propagation and Virtual Mapping) لدراسة جميع المراحل التي مرت بها شبكة اتصالات الطيران المدني وبينت النتائج من أنه يجب تعديل مستويات الطيران والمسارات الجوية في عدد من النقاط إلى مستويات أعلى من المستوى (FL280)، وتم تطبيق مستوى الطيران (FL510) في المناطق الشرقية وتطبيق مستوى الطيران (FL400) في جزء من المنطقة الشمالية الحدودية ما بين اليمن والسعودية.

الكلمات المفتاحية: شبكة الاتصالات، نظم اتصالات الطيران المدني، مستوى الطيران، المسارات الجوية.

¹ قسم الهندسة الإلكترونية، كلية الهندسة، جامعة العلوم والتكنولوجيا، اليمن، صنعاء-اليمن.

* عنوان المراسلة: محمد علي صالح عقبة moqbah@yahoo.com، عبد الرقيب أسعد abdarraqib62@yahoo.com

Performance of Civil Aviation Communication Network in Yemen: Study, Analysis and Processing

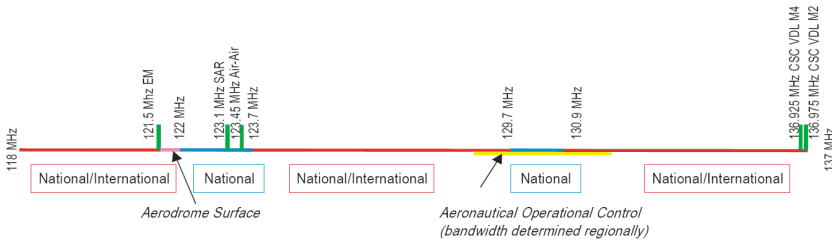
Abstract:

Civil Aviation Communication Network in YEMEN suffers from various problems which have negative effects on Air Traffic. As the air traffic grows, the ability to accommodate these traffic fails. This may lead to hazardous consequences. In order to enhance the quality and performance of the available network, three studies were performed. Unfortunately none of these studies was flexible enough to encounter the on-going growth of air traffic. Those studies focused on a detailed analysis of the Communication Network that included all point and air routes. The results of those studies led the researcher to find out some solutions to overcome the problems that this network is facing and enhance the performance of ground to air communication though all areas across the air space owned by Republic of Yemen. One of the solutions offered is to redistribute the available ground stations (GS). Another solution is to create new ground station in Al-Mukalla. Moreover, the researcher used simulation program (Radio Propagation and Virtual Mapping) to study all stages that Civil Aviation Communication Network have gone through. The result of this study emphasized on modifying flight levels and air routes in some points to levels higher than (FL280). Consequently, flight level (FL510) was applied to the eastern regions and the level (FL400) to part of the northern region across the borders between Yemen and Saudi Arabia.

Keywords: Communications network, Civil aviation communications systems, Flight levels, Air routes.

1. المقدمة:

خلال العقود الأخيرة أصبحت تكلفة تشغيل المباني السكنية المعاصرة مرتفعة مقارنة مع المباني أن نظم اتصالات الطيران المدني (CNS) هي الوسيلة الأساسية التي من خلالها يتم تقديم كافة أنواع ومجالات الخدمات الجوية المتعلقة بإدارة وتنظيم الحركة الجوية (ATM) وتأمين سلامتها. ولا تختلف نظم اتصالات الطيران المدني كثيراً عن نظم الاتصالات في المجالات الأخرى، حيث تعتمد اتصالات الطيران المدني بشكل عام على نفس أسس ومبادئ الاتصالات اللاسلكية (Wireless Communications) من حيث الانتشار الراديوي (Radio Propagation) و التوهين (Attenuation) والفقد (Loss) والكسب (Gain) وغيرها من العناصر المؤثرة في طبيعة وطريقة الانتشار الراديوي، وتعتبر امتداد لنظم الاتصالات المتعارف عليها دولياً والمعمول بها لدى شركات الاتصالات الهاتفية ونظم الاتصالات العسكرية وغيرها من المؤسسات والشركات التي تعتمد على نظم وأجهزة الاتصالات الراديوية (Radio Communications)، إلا أن هناك خصوصية تنفرد بها نظم اتصالات الطيران المدني عن غيرها كونها تتعلق بسلامة وأرواح البشر بشكل مباشر، لذا فجميع نظم اتصالات الطيران بشتى أنواعها ومجالاتها تصب في خدمة إدارة وتنسيق الحركة الجوية (الطائرات) وتأمين السلامة لها ولركابها عن طريق التواصل والإرشاد المستمرين من قبل وحدة التحكم والمراقبة الجوية (ATC). ونظراً لهذه الأهمية والخصوصية التي انفردت بها اتصالات الطيران المدني دعت الحاجة إلى عقد المؤتمر الدولي للطيران المدني في شيكاغو عام 1944م [1]، والذي يعرف باتفاقية شيكاغو للطيران، نتج عنه تأسيس المنظمة الدولية للطيران المدني (ICAO) للاهتمام بشئون الطيران المدني والملاحة الجوية والإشراف عليها على الصعيدين الدولي والإقليمي، وتعتبر هذه المنظمة هي الجهة المسؤولة التي تقوم بوضع الأسس والمعايير المتعلقة بالطيران المدني ونظمه وأجرائه [2]، كما تقوم بالتنسيق والتعاون مع الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) بشكل مستمر لهيكله وتنظيم الطيف الترددي (Frequencies Spectrum) الخاص بالطيران المدني كون الاتحاد الدولي هو المسؤول عن توزيع الطيف الترددي عالمياً لجميع نظم الاتصالات، ونشير هنا إلى النطاق الراديوي المخصص لنظم اتصالات الطيران المدني الصوتية والمعلوماتية (118MHz to 137MHz) كما هو موضح في الشكل (1).



شكل (1): النطاق الراديوي المخصص لاتصالات الطيران المدني الصوتية والمعلوماتية

ومن الإجراءات التي قامت بها المنظمة الدولية للطيران المدني لتسهيل إدارة وتنظيم الحركة الجوية (ATM) تقسيم الفضاء الجوي إلى مناطق وأقاليم جوية تشمل كافة دول العالم [3]، بحيث تعني كل دولة بمسئولية إدارة وتنظيم الحركة الجوية (ATM) على إقليمها الجوي المحدد والمتفق عليه دولياً، ومن أهم مسؤوليات تلك الدول توفير نظم اتصالات الطيران الأساسية (CNS) اللازمة لإدارة ومراقبة الحركة الجوية (ATC) وتخطيط أقاليمها الجوية بنقاط ومسارات جوية حسب المعايير والإجراءات المعتمدة لذلك، وبما يتناسب مع كثافة وحجم الحركة الجوية والخدمات الجوية المطلوبة (ATS).

حظيت اليمن بإقليم جوي واسع [4]، تمتد حدوده الجوية إلى حدود الهند شرقاً كما هو موضح في الشكل (2).



شكل (2): حدود الإقليم الجوي للجمهورية اليمنية

قامت الجمهورية اليمنية ممثلة بالهيئة العامة للطيران المدني بتوفير جميع نظم اتصالات الطيران المدني الأساسية والضرورية لتغطية كافة نقاط ومسارات الإقليم الجوي بالاتصالات اللازمة لإدارة وتنظيم الحركة الجوية وتأمين السلامة لها داخل إطار حدود إقليمها الجوي.

كما سعت الهيئة العامة للطيران المدني إلى مواكبة التطورات المتسارعة في حقل الطيران المدني وصناعة النقل الجوي بما يلبي احتياجات التزايد المستمر في كثافة الحركة الجوية (En-Route) داخل إقليمها الجوي ورفع مستوى السلامة فيه، من خلال إنشاء شبكة اتصالات صوتية (Voice Communications) تعمل في إطار الترددات العالية جداً (VHF) وتخدم حركة الطيران المدني بشكل أكثر كفاءة وفعالية وتجاوزت سبلات نظم اتصالات الطيران السابقة التي كانت تعتمد على الترددات العالية (HF) التي تتأثر بتغيرات طبقات الغلاف الجوي (Troposphere) كونها موجات سماوية (Sky Waves) تركز على الانعكاسات المتتالية ما بين طبقات التروبوسفير والأرض وتنخفض جودة الصوت ما بين الحين والآخر.

ورغم المراحل التي مرت بها شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية لتحسين أداؤها وتوسيع نطاق خدماتها على النقاط والمسارات الجوية المستحدثة حسب تزايد وتوسع كثافة الحركة الجوية إلا أنها مازالت تعاني من ضعف الاتصالات في بعض النقاط والمسارات الجوية في الجزء الشرقي من الإقليم الجوي فوق البحر العربي والمحيط الهندي، الذي يعد من المناطق الجوية المعروفة بمناطق ما فوق البحار (Over Seas)، والمناطق المحيطية (Oceanic Area). نسعى من خلال هذا البحث إلى إيجاد الحلول الهادفة إلى تحسين أداء شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية ومعالجة ضعف الاتصالات في المنطقة الشرقية، وتأمين تغطية اتصالات الطيران على كافة المناطق الجوية داخل الإقليم الجوي للجمهورية اليمنية بما يكفل أيضاً أي استحداثات مستقبلية لنقاط ومسارات الإقليم الجوي لاستيعاب التزايد المستمر لكثافة الحركة الجوية.

2. الدراسات السابقة:

تعتبر شبكة اتصالات الطيران المدني الحالية حصيلة عدة دراسات سابقة أُجريت على عدة مراحل [5]، والتي كان أهمها وأبرزها الدراسة الأولى التي نتج عنها إنشاء أول شبكة اتصالات للطيران المدني في الجمهورية اليمنية تعمل في نطاق الترددات العالية جداً (VHF)، والجدول (1) يوضح جميع الدراسات السابقة لهذه الشبكة.

جدول (1): الدراسات السابقة ومراحل تطوير شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية

مراحل التطوير	العام	النتائج	الجهة المنفذة للدراسة
الدراسة الأولى (First Study)	1999م	إنشاء خمس محطات اتصال أرضية موزعة في خمس مناطق على النحو التالي: • صنعاء • تعز • سيئون • المكلا • الغيبة	الشركة الفرنسية (SEEE Company)
الدراسة الثانية (Second Study)	2002م	إعادة توزيع محطات الاتصال الأرضية حيث تم نقل المحطة الأرضية الواقعة في المكلا إلى جزيرة سقطرى بالقرب من مطار سقطرى الساحلي	الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد (CAMA)
الدراسة الأخيرة (Last Study)	2007م	تغيير موقع محطة الاتصال الأرضية الواقعة في جزيرة سقطرى من الساحل إلى جبل تكسم الذي يبلغ ارتفاعه أكثر من ألف متر	الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد (CAMA)

3. شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية:

أنشئت شبكة اتصالات الطيران المدني لتلبية للتطورات المتسارعة في خدمات الطيران المدني، حيث تقوم هذه الشبكة بتأمين الاتصالات الصوتية (Voice Communications) اللازمة لإدارة وتنظيم الحركة الجوية (ATM) وتأمين سلامتها على كافة نقاط ومسارات الإقليم الجوي للجمهورية اليمنية (Sana'a FIR).

تعد شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية من النظم المعتمدة على نمط الاتصال (جو-أرض) (A/G) و(أرض - جو) (G/A) كوسيلة أساسية للاتصال ما بين مركز المراقبة الجوية (ATC) والطائرات (Aircrafts) لتقديم خدمات الطيران المدني وتأمين سلامة الحركة الجوية عبر نطاق الترددات العالية جداً (VHF).

تستخدم شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية قناتين تردديتين أساسيتين تخدم كل واحدة منهما جزء من الإقليم الجوي للجمهورية اليمنية الذي تم تقسيمه إلى قطاعين لتسهيل إدارة وتنظيم الحركة الجوية الكثيفة، كما هو موضح في الجدول (2).

جدول (2): الموجات العاملة في شبكة اتصالات الطيران المدني

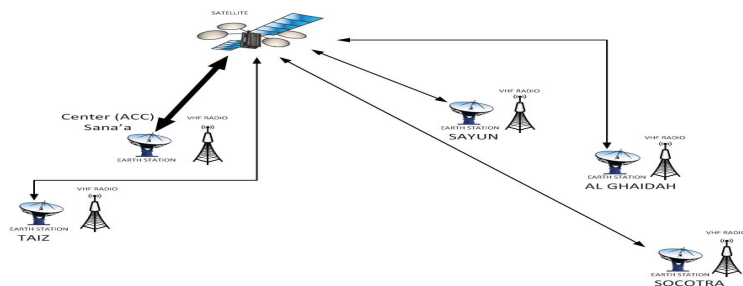
الموجة (Frequency Channel)	القطاع (Sector)
125.7 MHz	الغربي
132.2 MHz	الشرقي

تم تطبيق إزاحة بسيطة في التردد الحامل (Carrier Offset) حسب توصيات المنظمة الدولية للطيران المدني (ICAO) [6] لكل محطة اتصال (GS) ضمن الشبكة للتخلص من ظاهرة تراكب الموجات (Overlap) للمحطات المتجاورة والتي تعمل بنفس التردد الأساسي، كما هو موضح في الجدول (3)، الذي يبين مقدار الإزاحة في تردد الحامل الأساسي لكل محطة والمقدرة ما بين $(\pm 2.5 \text{ KHZ})$ و $(\pm 7.5 \text{ KHZ})$ من التردد الأساسي (Main FREQ).

جدول (3): مقدار الإزاحة (Carrier Offset) في القنوات الراديوية لمحطات شبكة اتصالات الطيران في الجمهورية اليمنية

الموقع	القطاع الغربي 125.7 ميگاهرتز	القطاع الشرقي 132.2 ميگاهرتز	مقدار الإزاحة كيلوهرتز (Offset KHZ)
صنعاء	125.7025	132.2025	+2.5
تعز	125.6925	132.1925	-7.5
سيئون	125.7075	132.2075	+7.5
الغيظة	125.7025	132.2025	+2.5
سقطرى	125.6975	132.1975	-2.5

تتكون شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية من خمس محطات اتصال أرضية (GS) كما أشرنا إليها سابقاً في الدراسات السابقة موزعة على خمس مناطق كما هو موضح في الشكل (3).



شكل (3): توزيع محطات شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية

4. التحليل والمحاكاة:

في هذا الجزء سيتم تحليل شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية بالاعتماد على إحداثيات مواقع محطاتها الأرضية وارتفاعاتها (Elevation) والمعايير الأساسية لأجهزة الإرسال والاستقبال في تلك المحطات وأجراء الحسابات النظرية لتحديد المسافات التي يمكن الوصول إليها، والاستعانة ببرنامج (Radio Propagation and Virtual Mapping) المتخصص في مجال الاتصالات والانتشار الراديوي [7]، لبيان العوائق الطبيعية المؤثرة على الانتشار الراديوي لشبكة اتصالات الطيران وتحديد سبلات الشبكة.

1.4 الحسابات النظرية

في ظل المعايير الخاصة بأجهزة المحطات الأرضية سيتم تحديد أقصى مسافة يمكن الوصول إليها عن طريق تطبيق معادلة إيجاد شدة المجال الكهربائي، ومعادلة تحديد مسافة الأفق الراديوي، في ظل الارتفاعات المتاحة للطيران المدني وارتفاع المحطات الأرضية (الهوائيات) عن مستوى سطح البحر على النحو التالي:

1.1.4 الطريقة الأولى: إيجاد شدة المجال الكهربائي للإشارة [8].

$$e = \frac{\sqrt{30 pt}}{d} \quad (1)$$

لإيجاد شدة المجال الكهربائي للإشارة المستقبلية نستخدم المعادلة التالية:

e : جذر متوسط التربيع لشدة المجال الكهربائي للإشارة المستقبلية بوحدة فولت لكل متر (V/m).

pt : القدرة الخارجة من هوائي جهاز الإرسال بوحدة الوات (W).

d : المسافة ما بين هوائي جهاز الإرسال وهوائي جهاز الاستقبال بوحدة المتر (m).

وبمعلومية كل من القدرة الخارجة من هوائي الإرسال (E.I.R.P) وشدة المجال الكهربائي للإشارة المستقبلية (e)، والتي تمثل اقل إشارة يمكن استقبالها (Sensitivity) في أجهزة الاستقبال (R_x) بحسب المعايير الدولية لأجهزة اتصالات الطيران المدني الصادرة من قبل المنظمة الدولية للطيران المدني (ICAO) [9]، والموضحة في الجدول (4).

جدول (4): المعايير القياسية للعناصر الأساسية لأجهزة اتصالات الطيران المدني

العناصر الأساسية	أجهزة الطائرات (Aircraft)	الأجهزة الأرضية (GS)
القدرة المرسله	القدرة القياسية لأجهزة الطائرات 20 (E.I.R.P) وات	القدرة القياسية للأجهزة الأرضية تتراوح ما بين 25 إلى 100 وات
الإشارة المستقبلية أو شدة المجال (حساسية الاستقبال)	$30 \mu V/m$ (-90 dBm)	$20 \mu V/m$ (-93 dBm)

يمكن تحديد المسافة القصوى الذي يمكن الوصول إليها ما بين أجهزة الإرسال (T_x) والاستقبال (R_x) في الحالة المثالية (Free Space) دون وجود عوائق (Obstacles) بتطبيق المعادلة (1) لإيجاد المسافة على النحو التالي:

$$d = \frac{\sqrt{30 pt}}{e}$$

ونظراً لاختلاف مواصفات أجهزة المحطات الأرضية عن أجهزة الطائرات، سيتم إيجاد المسافات الممكنة لكلاً من اتصالات (أرض - جو) (G/A) واتصالات (جو - أرض) (A/G) بشكل منفصل على النحو الآتي:

1.1.1.4 اتصالات (أرض - جو) (G/A)

بالاعتماد على المعايير القياسية لأجهزة اتصالات الطيران المذكورة في الجدول (4)، والتي تتعلق بقدرة إرسال الأجهزة الأرضية وحساسية أجهزة الاستقبال في الطائرات لتحديد المسافة التي يمكن الوصول إليها عند استخدام أسلوب الاتصال (أرض - جو) وتطبيقها على المعادلة (1)، حصلنا على النتائج الموضحة في الجدول (5) والتي تبين مدى المسافات التي يمكن الوصول إليها في ظل المعايير القياسية الدولية لأجهزة الطيران المدني.

جدول (5): المسافات التي يمكن الوصول إليها عند تطبيق أسلوب الاتصال (أرض- جو) (G/A).

ارض - جو (Ground to Air)				
المسافة Distance (d)		المستقبل	المرسل	
		الطائرة (Aircraft)	المحطة الأرضية (Ground Station)	
ميل جوي (NM)	كيلومتر (Km)	اقل إشارة مستقبلية (e)	القدرة الفعلية المرسله من الهوائي (pt) (E.I.R.P)	القدرة المرسله من جهاز الإرسال (Power)
440	816	30 μ V/m (-90 dBm)	(43 dBm) 20 watt	(44 dBm) 25 watt
623	1155	30 μ V/m (-90 dBm)	(46 dBm) 40 watt	(47 dBm) 50 watt
882	1633	30 μ V/m (-90 dBm)	(49 dBm) 80 watt	(50 dBm) 100 watt

2.1.1.4 اتصالات (جو- أرض) (A/G)

بالاعتماد أيضا على المعايير القياسية لأجهزة اتصالات الطيران المدني المذكورة في الجدول (4) وتطبيقها على المعادلة (1) فيما يتعلق بأسلوب الاتصال (جو - أرض) حصلنا على النتائج الموضحة في الجدول (6) والتي تبين مدى المسافة التي يمكن الوصول إليها ما بين قدرة إرسال أجهزة الطائرات التي تساوي 25 watt وحساسية أجهزة استقبال المحطات الأرضية التي تساوي (-93dBm).

جدول (6): المسافات التي يمكن الوصول إليها عند تطبيق أسلوب الاتصال (جو - أرض) (A/G)

المسافة Distance (d)		المستقبل	المرسل	
		المحطة الأرضية (Ground Station)	الطائرة (Aircraft)	
ميل جوي (NM)	كيلومتر (Km)	اقل إشارة مستقبلية (e)	القدرة الفعلية المرسله من الهوائي (pt) (E.I.R.P)	قدرة أجهزة الإرسال القياسية في الطائرات 25 وات (Power)
522	968	20 μ V/m (-93 dBm)	(41 dBm) 12.5 watt	(44 dBm) 25 watt

2.1.4 الطريقة الثانية: إيجاد مسافة الأفق الراديوي [10]

يمكن حساب مسافة الأفق الراديوي من خلال المعادلة التالية:

$$d_{RH} = K \left(\sqrt{h_{TX}} + \sqrt{h_{RX}} \right) \quad (2)$$

d_{RH} : مسافة المحطة إلى الأفق الراديوي بالميل الجوي (NM)

h_{TX} : ارتفاع المرسل

h_{RX} : ارتفاع المستقبل

K : معامل يعبر عن نصف قطر الأرض الفعال ويقابل من نصف قطر الأرض الحقيقي

$K = 1.23$ عندما يؤخذ ارتفاع المرسل والمستقبل بالقدم (feet)

$K = 2.22$ عندما يؤخذ ارتفاع المرسل والمستقبل بالمتر (meter)

بالاعتماد على الارتفاعات المتاحة للطيران المدني (PLVL) في خدمة مراقبة المنطقة (Area Control Service) داخل أجواء إقليم الجمهورية اليمنية التي تبدأ من خمسة عشر ألف قدم (FL150) ولا تتجاوز واحد وخمسون ألف قدم (FL510)، والموضحة في دليل الطيران المدني الخاص بالجمهورية اليمنية الصادر من الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد (CAMA) [3]، ومن خلال إحداثيات مواقع محطات شبكة اتصالات الطيران المدني الحالية وارتفاعاتها عن مستوى سطح البحر (MSL) التي تم تطبيقها على معادلة الأفق الراديوي (2)، حصلنا على مسافات الأفق الراديوي التي يمكن الوصول إليها في ظل الارتفاعات المتاحة للطيران لعدة مستويات (Flight Level)، والموضحة في الجدول (7).

جدول (7): نتائج حساب مسافة الأفق الراديوي لمحطات شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية مقارنة مع عدة مستويات متاحة للطيران

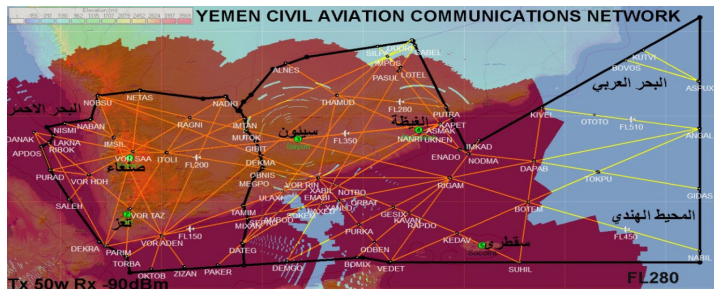
المحطة	الأرضية ارتفاع المحطات		مسافة الأفق الراديوي بالميل البحري (NM)				
	متر	قدم	ارتفاع الطائرة 15000 قدم 4572 متر	ارتفاع الطائرة 20000 قدم 6096 متر	ارتفاع الطائرة 28000 قدم 8534.4 متر	ارتفاع الطائرة 45000 قدم 13716 متر	ارتفاع الطائرة 55000 قدم 16764 متر
صنعاء	3180	10433	196.2	215	241	290	314.6
تعز	2974	9757	193.5	212	239	288	313
سيئون	975	3199	165.9	187	217	270	296.7
الغيظة	40	131	151.3	175	206	261	288.8
سقطرى	1036	3399	166.8	188	218	270	297.2

2.4 المحاكاة

تعتبر المحاكاة (Simulation) من أهم مواضيع البحث التي تم الاعتماد عليها في توضيح مدى الانتشار الراديوي (Radio Propagation) لمحطات شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية، وتقييم أدائها وتوضيح العوائق المؤثرة عليها، وعرض نتائج المعالجات المقترحة لبيان التحسينات المتوقعة في شبكة اتصالات الطيران.

1.2.4 محاكاة شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية

من خلال محاكاة جميع محطات شبكة اتصالات الطيران المدني في ظل المعايير الأساسية لنظم اتصالات الطيران [9]، عند مستوى الطيران (FL280)، الذي يمثل الارتفاع الأكثر استخداماً داخل الإقليم الجوي للجمهورية اليمنية لغرض تقييم أدائها وبيان مدى انتشار الموجات الراديوية لهذه الشبكة داخل الإقليم الجوي للجمهورية اليمنية، تم الحصول على النتيجة الموضحة في الشكل (4).



شكل (4) : نتائج محاكاة الوضع الحالي لشبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية عند مستوى طيران (FL280)

من خلال نتائج عملية المحاكاة لمحطات شبكة اتصالات الطيران المدني على ارتفاع ثمانية وعشرون ألف قدم (FL280)، اتضحت جوانب القصور في أداء تغطية اتصالات الشبكة في ثلاث مناطق جوية :

◀ المنطقة الشرقية

والتي تمثل الجزء الأكبر من مشكلة ضعف اتصالات شبكة الطيران والمركزة في النقاط الجوية (OTOTO, TOKPU, NABIL, GIDAS, ANGLE, ASPUX, BOVOS and KUTVI)

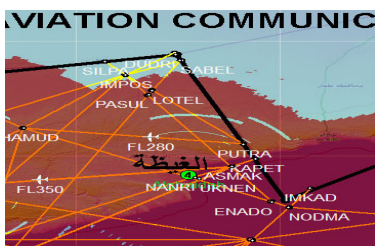
كما هو موضح في الجزء (أ) من الشكل (5).

◀ جزء من المنطقة الشمالية

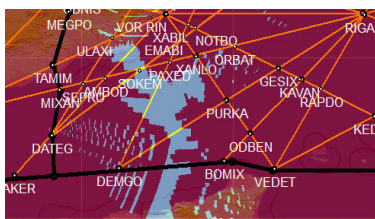
وتمثل جزء صغير من مشكلة ضعف اتصالات شبكة الطيران في النقاط الجوية (IMPOS, DUDRI, SILPA and SABIL) كما هو موضح في الجزء (ب) من الشكل (5).

◀ جزء من المنطقة الجنوبية

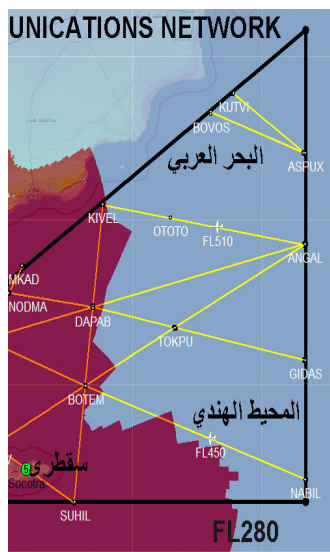
وتمثل جزء بسيط من مشكلة ضعف اتصالات شبكة الطيران في النقطة (SOKEM) وما جاورها من مسارات جوية كما هو موضح في الجزء (ج) من الشكل (5).



(ب) : ضعف تغطية الاتصالات في الجزء الشمالي



(ج) : ضعف تغطية الاتصالات في الجزء الجنوبي



(أ) : ضعف تغطية الاتصالات في الجزء الشرقي

شكل (5) : نتائج محاكاة شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية عند مستوى طيران (FL280)

5. المعالجات والحلول المقترحة

هناك العديد من المعالجات والحلول لتحسين أداء شبكة اتصالات الطيران في الجمهورية اليمنية وتجاوز جوانب القصور الموجود في الشبكة الحالية بعدة طرق، منها تغيير مواقع بعض المحطات الأرضية (GS)، واستحداث محطات جديدة، وتعديل ارتفاعات مستوى الطيران (FL) في بعض المناطق الجوية.

1.5 مقترح لحل مشكلة المنطقة الشرقية

من خلال مسح المنطقة في جزيرة سقطرى ودراسة العوائق المؤثرة على محطة الاتصال الأرضية الواقعة في

جبل تكسم: تبين أن جبل حجر (Higgher Mountain) يعد من المعوقات الأساسية والذي يبلغ ارتفاعه (1498 متر تقريباً) ويعتبر أكبر جبل في المنطقة ويمثل أكبر عائق للمحطة الحالية حيث يبعد عن المحطة مسافة بسيطة (9 كيلومترات) تمنع الموجات الراديوية للمحطة من الانتشار في المنطقة الشرقية. لذلك تم طرح مقترح نقل المحطة من موقعها الحالي إلى جبل حجر بالإحداثيات الموضحة في الجدول (8).

جدول (8): إحداثيات موقع جبل حجر (الموقع المقترح لنقل محطة سقطرى الحالية)

الموقع	إحداثيات
جبل حجر	شمال $12^{\circ}34'15.00''$ شرق $54^{\circ}01'05.00''$

بالإضافة إلى تعديل مستوى الطيران في المناطق البعيدة في المنطقة الشرقية من (FL280) إلى (FL510) وهو أقصى مدى مسموح به للطيران داخل الإقليم الجوي للجمهورية اليمنية.

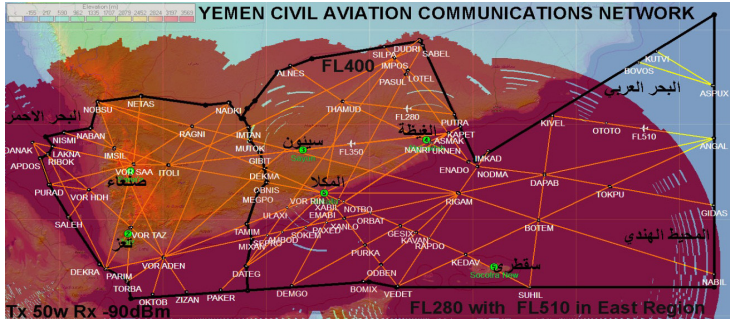
2.5 مقترح لحل مشكلة المنطقة الشمالية

لحل مشكلة انقطاع الاتصالات عند ارتفاع مستوى الطيران (FL280) في المنطقة الشمالية تم اقتراح تعديل مستوى الطيران إلى (FL400).

3.5 مقترح لحل مشكلة المنطقة الجنوبية

لمعالجة مشكلة الجزء الجنوبي تم إضافة محطة اتصال في المكلا، ومن أهم الأسباب التي أدت إلى تقديم هذا المقترح رغم المساحة الجوية البسيطة غير المغطاة بالاتصالات، هي أن هذه المنطقة تتمتع بكثافة حركة عالية ومن المتوقع استحداث نقاط ومسارات جوية عليها وذلك لتعدد النقاط والمسارات الجوية الحالية حولها.

وبمحاكاة جميع الحلول المقترحة تم الحصول على النتيجة النهائية التي تبين تحسن أداء شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية كما بشكل كبير كما هو موضح في الشكل (6).



شكل (6): تحسين التغطية في الإقليم الجوي للجمهورية اليمنية بعد تطبيق المعالجات والحلول المقترحة

أما بالنسبة للنقاط الجوية البعيدة (KUTVI) و (BOVOUS) و (ASPUX)، ومساراتها فتعتبر مساحات جوية خارج نطاق مدى الأفق الراديوي (Radio Horizon RNG) للترددات العالية جداً (VHF EXT D)، لذلك يتم استخدام الترددات العالية (HF) لتغطية تلك المناطق رغم السلبية المؤثرة في جودة الصوت من تشويش وإزعاج إلا أنه يعد الحل البديل والأكثر انتشاراً للمناطق الجوية البعيدة فوق المحيطات.

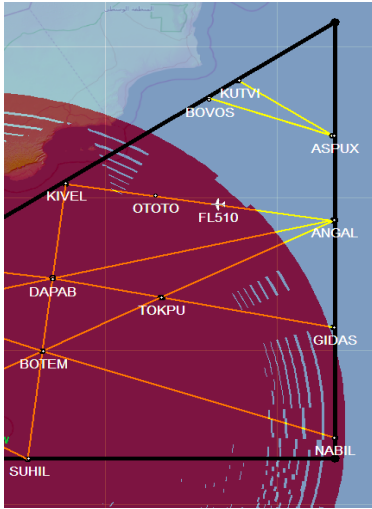
6. الاستنتاجات:

من خلال دراسة وتحليل هذه الرسالة المتعلقة بأداء شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية تم التوصل إلى عدة نتائج تم تقديمها كاستنتاجات تبين السلبات الحالية وطرق معالجتها وتوضح الإيجابيات والتحسينات المتوقعة، كما هو موضح في الجدول (9).

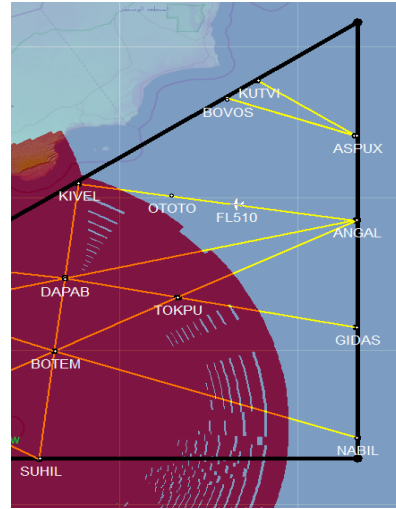
جدول (9): المعالجات المقترحة لتحسين أداء شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية

السلبات الحالية	المعالجات المقترحة	الاستنتاجات المتوقعة
	نقل محطة سقطرى الحالية إلى جبل حجر	تحسن التغطية في المنطقة الشرقية حيث وصلت تغطية الاتصالات لتشمل النقاط والمسارات التالية: النقطة الجوية (TOKPU) الطريق الجوي (DAPAB - TOKPU) وجزء من الطريق الجوي (TOKPU - GIDAS) الطريق الجوي (BOTEM - TOKPU) وجزء من المسار (TOKPU - ANGLE) 50 % تقريباً من الطريق الجوي (DAPAB - ANGLE) 90 % تقريباً من الطريق الجوي (BOTEM - NABIL) كما هو موضح في الجزء (أ) من الشكل (7)
انقطاع الاتصالات في المنطقة الشرقية	تعديل مستوى الطيران في النقاط (FL280) الشرقية الحدودية من (FL5100) إلى	التحسن الملحوظ في المنطقة الشرقية بعد تعديل مستوى ارتفاع الطائرات إلى (FL510) بنسبة 86 % بحيث امتدت اتصالات الطيران إلى النقاط والمسارات التالية: النقطة الجوية (NABIL) النقطة الجوية (ANGLE) النقطة الجوية (OTOTO) مسارات النقطة الجوية (ANGLE) بنسبة 90 % كما هو موضح في الجزء (ب) من الشكل (7)
	أما بالنسبة للنقاط الجوية البعيدة وهي: KUTVI BOVOUS ASPUX ومساراتها الجوية فتعتبر مساحات جوية خارج نطاق مدى الأفق الراديوي (Radio Horizon RNG) للترددات العالية جداً (VHF EXTEND)، لذلك يتم استخدام الترددات العالية (HF) لتغطية تلك المناطق.	
ضعف الاتصالات في جزء من المنطقة الشمالية	تغيير مستوى الطيران في هذه المنطقة من (FL280) إلى (FL400)	تغطية جميع النقاط والمسارات الجوية بالاتصالات في تلك المنطقة، كما هو موضح في الجزء (ج) من الشكل (7)

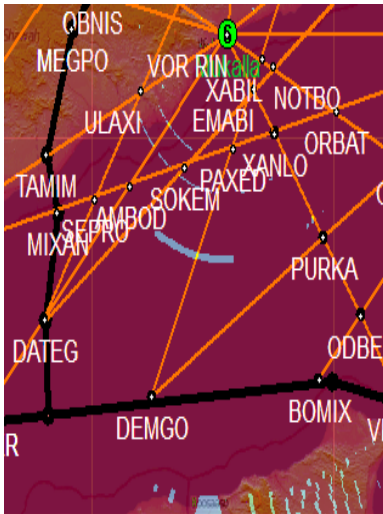
إضافة محطة جديدة في المكلا
تمتلك نفس مواصفات المحطات
الحالية في الموقع السابق المذكور
ضعف الاتصالات في جزء
من المنطقة الجنوبية
في أول دراسة أجريت على شبكة
اتصالات الطيران مع تطبيق
الشكل (7)
(FL280) مستوى الطيران



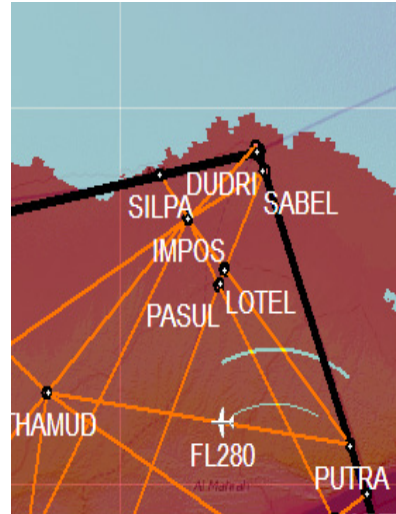
شكل (ب): نتيجة نقل محطة سقطرى إلى جبل
حجر مع تطبيق مستوى الطيران (FL510)



شكل (أ): نتيجة نقل محطة سقطرى إلى جبل حجر
مع تطبيق مستوى الطيران (FL280)



شكل (د): نتيجة إضافة محطة جديدة في المكلا مع
تطبيق مستوى الطيران (FL280)



شكل (ج): نتيجة تعديل مستوى الطيران في المنطقة
الشمالية إلى (FL400)

شكل (7): نتائج محاكاة الحلول والمعالجات المقترحة لتحسين أداء شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية

7. التوصيات:

إن من أهم التوصيات التي يمكن العمل بها التوصيات التالية :

- تطوير شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية بالنظم الرقمية الحديثة.
- تطبيق نظم اتصالات الطيران عبر الأقمار الصناعية في مناطق أعالي البحار والمحيطات في المنطقة الشرقية من إقليم الجمهورية اليمنية الجوي.
- تأمين شبكة اتصالات الطيران المدني في الجمهورية اليمنية بنظام ربط احتياطي للمحطات الأرضية عبر الشبكة الثابتة المحلية التابعة للدولة (مؤسسة الاتصالات).

8. المراجع:

- [1] ICAO, DOC 7300/8, "Convention on International Civil Aviation", 2006.
- [2] ICAO, Annexes Booklet, 2013.
- [3] Republic of Yemen, Civil Aviation and Meteorology Authority (CAMA), "Aeronautical Information Publication", Sana'a, Yemen, 2011.
- [4] ICAO, "Compendium of Information on Regional Offices", 2004.
- [5] Republic of Yemen, Ministry of Transport, Civil Aviation and Meteorology Authority, "Modernization of The Sana'a National Control Center ACC Sana'a", By SEEE Company, 1999/2000.
- [6] ICAO Annex 10, "Aeronautical Telecommunications", VOLUM-3, "Communication Systems", Part II, Recommendation 2.3.2.2.1: No.83, 2007.
- [7] Roger Coude, "Radio Propagation and Virtual Mapping Freeware", Version 11.5.0, Website, "www.ve2dbe.com", 1988.
- [8] Recommendation ITU-R P.525-2, "Calculation of Free-Space Attenuation", International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 1994.
- [9] ICAO, DOC 9871, "Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation", Part-2, "Frequency Assignment Planning Criteria for Aeronautical Radio Communication and Navigation Systems", 2013.
- [10] ICAO, DOC 9871, "Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation", Part-2, "Frequency Assignment Planning Criteria for Aeronautical Radio Communication and Navigation Systems", PP.9-10, 2013.